

2007002003

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 59 403.5

Anmeldetag: 18. Dezember 2003

Anmelder/Inhaber: SeeReal Technologies GmbH, 01307 Dresden/DE

Bezeichnung: Autostereoskopisches Multi-User-Display

IPC: H 04 N 15/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 17. Februar 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

BEST AVAILABLE COPY

Hintermeier

Autostereoskopisches Multi-User-Display



Die Erfindung betrifft ein autostereoskopisches Multi-User-Display, bestehend aus einer Sweet-Spot-Einheit zur Fokussierung von Lichtbündeln auf die Augen eines oder mehrerer Betrachter und einem schaltbaren Display als Bild-Matrix zur zeitsequentiellen Darstellung von zweidimensionalen Bildfolgen mit monoskopischen oder stereoskopischen Bildinhalten, dies das Licht der Sweet-Spot-Einheit mit diesen Bildinhalten moduliert.

Die Sweet-Spot-Einheit besteht aus einer Beleuchtungs- und Abbildungs-Matrix sowie einer Feldlinse, die in Lichtrichtung vor der Bild-Matrix angeordnet, funktionell von dieser getrennt und konstruktiv unabhängig sind. Die Feldlinse kann eine Fresnel-Linse sein, die Abbildungs-Matrix ein Doppel-Lentikular.

Das mit der Sweet-Spot-Einheit ausgestattete Display zeichnet sich durch Verwendbarkeit im 2D- und 3D-Modus, Multi-User-Fähigkeit, freie Betrachterbeweglichkeit, Echtzeitfähigkeit, hohe Auflösung, große Helligkeit und geringe Bautiefe aus. Es ist z.B. für den High-End-Einsatz in den Bereichen Medizin, Technik, Forschung und Entwicklung, für den Mid-Range-Bereich in Video-Konferenz-Systemen und in der Werbung und im Low-end-Bereich als Home-Display, für Handheld-Computer und für Videophones geeignet.

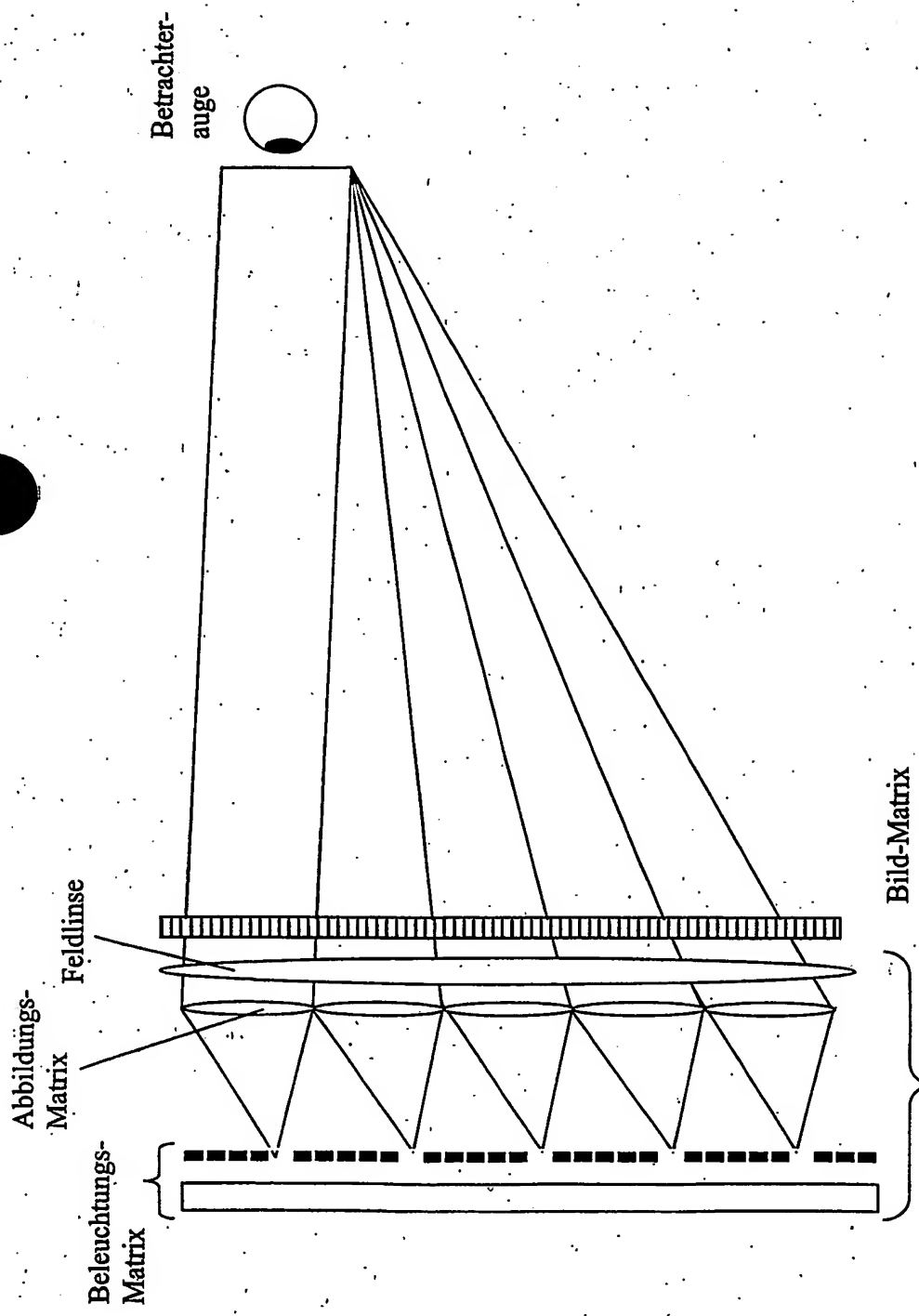


Fig. 3

Sweet-Spot-Einheit

Autostereoskopisches Multi-User-Display

Die Erfindung betrifft ein autostereoskopisches Multi-User-Display, bestehend aus einer Sweet-Spot-Einheit zur Fokussierung von ausgedehntem homogenen Licht zu Lichtbündeln auf die Augen eines oder mehrerer Betrachter und einem schaltbaren Display zur zeitsequentiellen Darstellung von zweidimensionalen Bildern oder Bildfolgen mit monoskopischen oder stereoskopischen Bildinhalten, das das Licht der Sweet-Spot-Einheit mit diesen Bildinhalten moduliert.

- 10 Um den zukünftigen Erfordernissen des Marktes zu entsprechen, müssen autostereoskopische Displays die hohen Qualitätsmerkmale heutiger 2D-Displays erfüllen. Von den Nutzern dieser 3D-Displays werden als wesentliche Merkmale Multi-User-Fähigkeit, freie und unabhängige Beweglichkeit der Betrachter sowie der wahlfreie Zugriff auf mehrere Darstellungen bzw. Programme im 2D- und/oder 3D-Modus erwartet. Von den 15 2D-Displays leiten sich weiter die Anforderungen hohe Bildqualität, Robustheit, Zuverlässigkeit, geringe Bautiefe, Unterstützung praktisch aller gängigen Video-Formate, einschliesslich Kamera und Stereo-Kamera, sowie niedrige Kosten ab.

- 20 Als Multi-User-Displays werden Geräte bezeichnet, bei denen mehrere Betrachter an wahlfreien Orten gleichzeitig und unabhängig voneinander 3D-Inhalte sehen können. Das kann durch räumliche oder zeitliche Verschachtelung der Teilbilder erreicht werden.

Unter Verwendung dieser Verschachtelungssysteme sind verschiedene Lösungen für autostereoskopische Displays bekannt geworden.

- Bei den Displays mit räumlicher Verschachtelung (Multi-View-Displays) sind mehrere 25 benachbarte Pixel oder deren Farbsubpixel zu Pixelgruppen zusammengefasst, wobei jeder Pixelspalte eine 3D-Szene aus einem anderen Betrachtungswinkel zugeordnet ist (US 6 366 281, DE 101 45 133). Eine Bildtrennungsmaske, als Barriere, Lentikular oder anderes optisches Element ausgebildet, verteilt die Pixelinhalte jeder Pixelgruppe fächerförmig in den Raum. Zu jedem Fächersegment gehört der Bildinhalt der 3D-Szene aus einem 30 bestimmten Betrachtungswinkel. Liegen beide Augen eines Betrachters in benachbarten Fächersegmenten, nimmt dieser den beabsichtigten stereoskopischen Eindruck wahr. Wesentlicher Nachteil ist hier die reduzierte Auflösung. Sie ist nicht mehr durch die Pixelauflösung der Bild-Matrix, sondern durch die gröbere Auflösung nach Pixelgruppen gegeben. Beispielsweise reduziert ein Bild mit acht Ansichten die Auflösung auf 1/8.

Ein weiterer Nachteil ist, dass ein vorgegebener Betrachterabstand vom Multi-View-Display eingehalten werden muss, wenn Übersprechen mit pseudoskopischen Effekten vermieden werden soll. Bei Verwendung eines Lentikulars als Bildtrennungsmaske bewirken die grossen Ablenkwinkel weiterhin Aberrationen, die ebenfalls Anlass zu Übersprechen geben.

5.

Bekannt ist ein autostereoskopisches Display mit zeitlicher Verschachtelung (Neil A. Dodgson u.a.: A 50" time-multiplexed autostereoscopic display, Proc.SPIE 3957, „Stereoscopic Displays & Applications XI“). Dabei werden nebeneinander angeordnete Lichtquellen mittels einer Fresnel-Linse in die Betrachterebene in Form einer Lichtbox abgebildet. In der Nähe der Fresnel-Linse befindet sich ein LCD in Transmission, das das Licht mit der Bildinformation moduliert. Die Lichtquellen und damit die Lichtbox werden nacheinander durchgeschaltet, wobei gleichzeitig das LCD den Bildinhalt darstellt, der der Aufnahme einer 3D-Szene aus der entsprechenden Richtung entspricht. Ein Betrachter sieht von der Lichtbox aus mit beiden Augen die Szene aus unterschiedlichen Richtungen auf dem LCD. Da die Bildinhalte verschiedene Richtungen derselben Szene wiedergeben, sieht der Betrachter stereo. Dies gilt auch für mehrere Betrachter. Das Verfahren kann als zeitsequentielles Multi-View-Verfahren bezeichnet werden, da die verschiedenen Ansichten der Szene nicht gleichzeitig, sondern zeitlich nacheinander dargestellt werden. Gegenüber dem üblichen Multi-View-Verfahren behält es die hohe Auflösung des Displays bei. Nachteilig bei allen zeitsequentiellen Verfahren sind die hohe Datenrate und die hohe Bildwiederholrate. Bei 10 Positionen in der Lichtbox verzehnfacht sie sich. Damit scheiden die meisten heutigen TFT-basierten Transmissions-Displays für die Verwendung in autostereoskopischen Multi-User-Displays aus.

10

15

20

25

In einer Variante dieser Darstellungsart wird die Information eines CRT durch einen Shutter hindurch auf eine Fresnel-Linse abgebildet. Diese bildet wiederum den Shutter in die Lichtbox ab. Hierbei vereint das CRT gleichzeitig zwei Funktionen: es ist Informationsträger und Lichtquelle.

30

Die hohe Bildwiederholrate wird hier vom CRT übernommen, da keine Durchlicht-Modulation benötigt wird. CRT-Monitore sind wesentlich schneller als die meisten TFT-Monitore. Trotzdem sind wenigstens 10 Ansichten für ein Multi-View-Verfahren wünschenswert. Damit stehen selbst schnelle CRT-Monitore mit hoher Auflösung vor dem Problem der hohen Datenrate. Besonders erschwerend bei der Bilddarstellung ist die erforderliche höhere Bildintensität, in unserem Beispiel verzehnfacht sie sich. Für ein bequemes Betrachten ohne Sprünge, verursacht durch Übergänge in andere Segmente in der

Lichtbox, sind mehr als 10 Ansichten erforderlich. CRT-Monitore mit so kurzen Schaltzeiten stossen selbst als Spezialanfertigungen an technologische und wirtschaftliche Grenzen.

Zudem sind derartige Geräte voluminös, wodurch die Marktakzeptanz verringert wird.

Multi-View-Geräte erfordern außerdem für allgemeines Live-Video entsprechende Multi-

- 5 View-Kameras, die nur als Spezialentwicklungen existieren. Der Einsatz von Multi-View-Geräten im Fernseh-Bereich wird dadurch sowie durch die hohe Datenrate behindert.

Daneben sind neuere Veröffentlichungen bekannt, die Lösungen zu den oben beschriebenen Anforderungen an heutige autostereoskopische Multi-User-Displays offenbaren.

- 10 Im EP 0 881 844 A2 wird ein Einzel-Betrachter-Display mit Lichtquellen-Tracking beschrieben. Dieses Display arbeitet im zeitsequentiellen Modus. Zwei benachbarte Segmente eines Lichtquellen-Paares sind für das linke und rechte Auge des Betrachters bestimmt. Ist beispielsweise ein Segment für ein rechtes Betrachterauge eingeschaltet, so bildet ein erstes Lentikular dieses Segment in einer Vielzahl von Bildern auf die Diffusor-
- 15 Platte ab. Diese dient nun als sekundäre Lichtquelle, die durch ihre Streueigenschaft über alle Linsen des zweiten Lentikulars das Display mit dem rechten Stereobild durchsetzt, wobei das Licht auf ein rechtes Betrachterauge fokussiert wird.

- Im nachfolgenden Moment schaltet das Lichtquellen-Paar auf das Segment für das linke Auge und das Display auf den linken Bildinhalt um. Bewegt sich der Betrachter aus der
- 20 Stereozone heraus, wird auf das zweite, diesem Bereich zugeordnete Lichtquellen-Paar umgeschaltet.

Nachteilig ist hier die Verwendung der Diffusor-Platte. Sie verhindert prinzipiell einen Multi-User-Betrieb, da die Diffusor-Platte mit ihrer Vielzahl von sekundären Lichtquellen durch das zweite Lentikular periodisch fortgesetzt abgebildet wird.

25

Die Patentschrift WO 03/019952 A1 (identisch mit US 2003/0039031) beschreibt ein Tracking-basiertes Verfahren für Multi-User mit wahlfreiem Zugriff auf 2D- und 3D-Programme. Bei diesem Verfahren ist neben dem Display eine Richtungs-Optik (directivity optics) vorgesehen, die aus zwei Linsenarrangements, die ein Shutter einschließen, besteht.

- 30 Die Richtungs-optik fokussiert den Inhalt des Displays, das gleichzeitig als Lichtquelle dient, auf ein oder mehrere Betrachteraugen. Jede Linse der ersten Linsenarrangement fokussiert je ein Pixel des Displays auf den Shutter, der für einen Betrachter ein Segment je Linsen-Pitch geöffnet hat. Dieses Segment wird durch eine zugehörige Linse einer zweiten Linsenarrangement mit im wesentlichen gleichem Pitch auf das Betrachterauge abgebildet. Bei

Bewegung eines Betrachters übermittelt ein Positionsfinder die neue Position, aus der sich die entsprechenden geöffneten Segmente des Shutters bestimmen, die die Fokussierung der Display-Pixel auf die Augen sichern. Im 3D-Modus werden im Zeitmultiplex-Verfahren nacheinander ein rechtes und linkes Bild dem rechten oder linken Auge angeboten. Bei mehreren Betrachtern sind entsprechend mehrere Segmente aufgeschaltet. Für reinen 2D-Modus können alle Segmente des Shutters aufgeschaltet sein.

Obwohl alle Merkmale für ein autostereoskopisches Display prinzipiell vorhanden sind, ist eine Realisierung als autostereoskopisches Multi-User-Display mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. An den Shutter werden extrem hohe Anforderungen hinsichtlich der Auflösung gestellt. So wird bei einem in der Patentschrift angegebenen Ausführungsbeispiel von 100 Winkelpositionen eine Segment-Breite von 2,5 Mikrometer erforderlich, wenn man einen Pixel-Pitch von 0,25 mm für übliche UXGA-Displays annimmt. Bei 1600 Spalten wären 160.000 wahlfreie lineare Segmente erforderlich.

Beim Projektionsverfahren nach WO 03/013153 A1 sind ebenfalls Informationsträger und Lichtquelle miteinander gekoppelt. Die Bildinformation wird durch Segmente einer schaltbaren, hochauflösenden Barriere so den Elementen einer Ablenkeinheit zugeführt, dass die Bildinformation auf den oder die Betrachter fokussiert wird. Zur Fokussierung des Lichts aus der Projektionseinheit kann noch eine Fresnel-Linse vorgeschaltet sein. Nachteilig ist hier die grosse Tiefe der Anordnung sowie die grosse Intensität für die Projektionseinheit. In den Varianten mit den drei Komponenten kollimierte Backlight-Lichtquelle, Richtungsoptik zur Fokussierung des Lichts auf die Betrachteraugen und Transmissions-Display werden zwar Lichtquelle und Informations-Träger getrennt, allerdings auf Kosten eines aufwendigen Backlights mit gerichtetem Licht, entweder von einem Laser oder einer punktförmigen Lichtquelle. Für die eigentliche Fokussierung auf die Betrachteraugen wird nach wie vor die erwähnte Richtungsoptik zusätzlich benötigt.

Das Backlight mit diffusen Lichtquellen, dessen Licht mit einer Linse gerichtet wird, erfordert wegen der grossen Brennweite zur Vermeidung von Aberrationen eine grosse Bautiefe des Gerätes.

Zur genauen Fokussierung des Lichts auf die Betrachteraugen nicht nur in lateraler Richtung, sondern auch für verschiedene Abstände der Betrachter vom Display wird in WO 03/053072 A1 ein dreidimensionales Backlight offenbart. Es wird in verschiedenen Konfigurationen, wie z.B. hintereinander angeordnete LCDs und spiegelnde adressierbare Flächen beschrieben. Diese im 3D-Backlight adressierbaren Lichtquellen durchsetzen eine

Linse als Abbildungssystem, das die Lichtquellen auf einen oder mehrere Betrachter abbildet und der Bewegung nachführt, ähnlich dem Verfahren mit einer ebenen Lichtquelle von Dodgson (siehe oben). Dabei durchläuft das Licht auf seinem Weg zu den Betrachtern einen Lichtmodulator, der im alternierenden Modus aus einem oder mehreren 3D-Programmen das
5 jeweils linke Bild für die linken und das rechte Bild für die rechten Betrachteraugen, anbietet.

Nachteilig an diesem Verfahren ist die grosse Tiefe des autostereoskopischen Displays, die durch das dreidimensionale Backlight und die Abbildungslinse mit extrem grossem Durchmesser entsteht. Um die Aberrationen derartiger grossformatiger Linsen im
10 ausseraxialen Bereich zu begrenzen, muss die Brennweite und damit die Gerätetiefe hinreichend gross gewählt werden. Ausserdem ist das dreidimensionale Backlight schwierig herzustellen.

Ein Lichtquellen-Tracking ist in EP 0 656 555 A vorgestellt. Hier werden zwei zueinander
15 senkrecht stehende Displays im Durchlicht betrieben, zwischen denen sich ein im Winkel von 45° geneigter halbdurchlässiger Spiegel befindet. Durch jedes der beiden Displays wird je eine Lichtquelle auf das linke und rechte Auge des Betrachters über eine fokussierende Optik abgebildet, für das eine Auge durch den halbdurchlässigen Spiegel hindurch, für das andere Auge vom halbdurchlässigen Spiegel abgelenkt. Ein Display enthält die
20 Bildinformation für das rechte Auge, das andere die Bildinformation für das linke Auge. Bewegt sich der Betrachter, wird über einen Positionsfinder die Position bestimmt und die Lichtquellen werden so nachgeführt, dass der Betrachter stets ein Stereobild sieht. Bei mehreren Betrachtern sind entsprechend mehrere Lichtquellen eingeschaltet. Die beiden Displays enthalten gleichzeitig ein rechtes und linkes Bild.

25 Sieht man vom Single-User-Patent EP 0 881 844 A2 sowie von den reinen 3D-Multi-View-Displays ab, so ist festzustellen, dass der beschriebene Stand der Technik in den meisten Fällen durch Displays in der Doppelfunktion als Informationsträger und Lichtquelle zugleich (WO 03/019952, N.A.Dodgson et al.) charakterisiert ist. Ausserdem zeigt sich, dass alle
30 nachfolgenden optischen Einheiten auf den Pixel-Pitch des Displays abgestimmt werden müssen. Beide displaygebundenen Besonderheiten weisen als Konsequenz zusammenfassend folgende Nachteile auf:

Erstens sind die Komponenten des Systems für unterschiedliche Displays nicht austauschbar. Displays selbst mit Abweichungen in der Geometrie, wie Auflösung oder Grösse, erfordern ein neues Design. Insbesondere sind neue Shutter erforderlich.

Zweitens verlangt die Justage auf Basis der Display-Pixel eine extrem hohe Genauigkeit und stellt hohe Anforderungen an die Robustheit.

Drittens sind nur Displays einsetzbar, die eine hinreichend große Helligkeit haben.

Viertens sind die Ausdehnungen der Segmente der Shutter durch Bezug auf den Pixel-Pitch so klein zu halten, dass eine Realisierung sehr schwierig und teuer ist.

- 10 In der älteren Patentanmeldung DE 103 39 076 des Anmelders wird bereits ein Multi-User-Display beschrieben, dass die meisten Nachteile des Standes der Technik vermeidet. Durch die funktionelle Trennung von Beleuchtungsoptik und informationstragender Bild-Matrix und deren Anordnung in Lichttrichtung vor der Bild-Matrix wird erreicht, dass das Licht mit einer sogenannten Sweet-Spot-Genauigkeit auf die Augen von Betrachtern fokussiert werden
- 15 kann. Damit können mehreren Betrachtern u.a. gleichzeitig Bilder im 2D- und/oder 3D-Modus angeboten werden.

- In einer Anzahl von Patentschriften ist dem jeweiligen Abbildungssystem noch eine Feldlinse zugeordnet, die sich im Strahlengang an verschiedenen Orten befinden kann und
- 20 dadurch unterschiedliche Aufgaben erfüllt.

- Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein autostereoskopisches Multi-User-Display, das sich durch möglichst minimalen Aufwand an einzelnen Komponenten und deren Justage zueinander, durch flache Bauweise, durch Austauschbarkeit von 3D-Komponenten und
- 25 Displays und durch große Helligkeit auszeichnet. Insbesondere sollen bei Displays der genannten Art aufgabengemäß hochaufgelöste 2D- und 3D-Darstellungen gleichzeitig oder/und umschaltbar mehreren Betrachtern auch bei voneinander unabhängigem Positionswechsel mit besserer optischer Abbildungsqualität angeboten werden.

- 30 Diese Aufgabe wird mit den im Patentanspruch 1 aufgeführten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausführungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

Erfindungsgemäss ist vorgesehen, dass das autostereoskopische Multi-User-Display eine Sweet-Spot-Einheit enthält, die das Licht als Sweet-Spot mit einer individuell vorgebbaren Ausdehnung auf die Augen von Betrachtern fokussiert. Dies wird erreicht durch die in

Lichtrichtung aufeinanderfolgende Anordnung der Komponenten Sweet-Spot-Einheit und Bild-Matrix, wobei das Licht der Sweet-Spot-Einheit die Bild-Matrix möglichst homogen durchsetzt.

Die Sweet-Spot-Einheit besteht in erfindungsgemäßer Ausbildung aus einer Beleuchtungs- und einer Abbildungs-Matrix sowie einer Feldlinse. Ist die Feldlinse als Fresnel-Linse ausgeführt, zeigt ihre strukturierte Seite vorzugsweise in Richtung der Abbildungs-Matrix.

Die Feldlinse kann auch als Holografisches Optisches Element (HOE) ausgebildet sein. Die Abbildungs-Matrix hat die Aufgabe, die eingeschalteten Elemente der Beleuchtungs-Matrix in geeignete Richtungen in den Raum vor das Display so abzubilden, dass die nachfolgende

Feldlinse das Licht als Sweet-Spots auf die Augen der Betrachter fokussiert. Die Abbildungs-Matrix kann verschieden ausgebildet sein. Als eine vorteilhafte

Ausführungsform ist ein Tandem-Lentikular vorgesehen, das aus zwei zueinander parallelen Einzel-Lentikularen besteht. Die Scheitel der vertikal angeordneten Abbildungselemente der Einzel-Lentikulare weisen in Lichtrichtung, sind in etwa deckungsgleich zueinander

angeordnet und besitzen etwa den gleichen Pitch. Eine andere Variante der Abbildungs-Matrix sieht die Verwendung eines Doppellentikulars vor, dessen Abbildungselemente der Einzel-Lentikulare ungefähr in ihren Abmessungen übereinstimmen.

Die Beleuchtungs-Matrix befindet sich ungefähr in der vorderen Brennebene der Abbildungs-Matrix und kann vorteilhafterweise aus einem üblichen Backlight und einem elektronischen Shutter mit wahlfrei ansteuerbaren Öffnungen bestehen. Der Shutter kann beispielsweise ein LCD oder ein Ferroelektrisches LCD (FLCD) sein.

Die Synchronisation zwischen Shutter und Bild-Matrix wird erfindungsgemäss erheblich erleichtert, wenn baugleiche LCD verwendet werden, wobei der Shutter und die Bild-Matrix in ihrer Pixel- und Subpixel-Geometrie und deren elektronischer Ansteuerung identisch sind.

Das Shutter-LCD enthält keine Farbmatrix, die das informationstragende LCD im Falle einer Farbdarstellung aufweist. Es kann vorteilhaft in seinen Subpixeln angesteuert werden, wodurch sich die Anzahl seiner ansteuerbaren Positionen verdreifacht. Die Öffnungen des Shutters können in ihrer Größe variieren, beispielsweise durch Aneinanderreihung benachbarter Subpixel. Für eine homogene Ausleuchtung der Bild-Matrix ist je

Abbildungselement der Abbildungs-Matrix mindestens eine Öffnung im Shutter vorgesehen. Im Falle des Tandem-Lentikulars besteht ein Abbildungselement aus jeweils zwei hintereinander liegenden streifenförmigen Zylinderlinsen. Durch die erfindungsgemäße funktionelle und konstruktive Trennung der einzelnen Komponenten des Displays ist es

möglich, die Anforderungen an die Shutterauflösung zu reduzieren. Sie bestimmt sich nur noch aus der Anzahl der ansteuerbaren Positionen oder Winkel.

Die Beleuchtungs-Matrix kann erfindungsgemäss auch aus nur einer Komponente als aktiv leuchtende Beleuchtungs-Matrix mit wahlfrei ansteuerbaren linien- oder matrixförmig

5 angeordneten Strukturen bestehen. Beispiele sind Organische LED (OLED) oder Projektionseinheiten auf DLP-Basis. Dabei kann im Sinne der Erfindung zwischen Projektor und Abbildungs-Matrix eine Fresnel-Linse oder/und eine streuende Schicht angeordnet sein.

Die Abbildungs-Matrix kann in ihrer Ausführung auch teilweise oder ganz aus Material bestehen, das in seinen optischen Eigenschaften steuerbar ist, beispielsweise aus Polymer.

10 Zur Verhinderung von Moire'-Effekten ist vorgesehen, in Lichtrichtung vor der Bild-Matrix ein nichtpolarisierendes streuendes Medium, etwa als Streufolie, anzuordnen.

Wenn in der Erfindungsbeschreibung an verschiedenen Stellen von einem Betrachter gesprochen wird, dann repräsentiert dieser eine Betrachter selbstverständlich auch eine
15 Betrachtergruppe.

Das erfindungsgemässe autostereoskopische Multi-User-Display ist in Ausführungsbeispielen dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben. In den dazugehörigen Zeichnungen zeigen

20

Fig. 1 eine prinzipielle Darstellung eines autostereoskopischen Multi-User-Displays, bestehend aus Sweet-Spot-Einheit und Bild-Matrix für zwei Betrachter

Fig. 2 eine schematische Darstellung der Anordnung einer Beleuchtungs-Matrix und einer Abbildungs-Matrix zur Erzeugung eines Sweet-Spots für ein Betrachterauge

25 Fig. 3 eine schematische Darstellung der Sweet-Spot-Einheit, bestehend aus Beleuchtungs-Matrix, Abbildungs-Matrix und Feldlinse

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Sweet-Spot-Einheit mit einer Fresnel-Linse als Feldlinse

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines Tandem-Lentikulars

30 Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Aufschaltung des Shutters der Sweet-Spot-Einheit zur Erzeugung von Sweet-Spots für die rechten Augen zweier Betrachter

Fig. 7 eine schematische Darstellung für den Betrieb des Displays für drei Betrachter im 2D-Modus mittels vollständiger Aufschaltung des Shutters

Fig. 8 eine schematische Darstellung für den Betrieb des Displays im 2D-Modus, wobei für einen Betrachter ein Sweet-Spot und für den anderen ein Dark-Spot geschaltet ist

Fig. 9 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der Sweet-Spot-Einheit unter Verwendung einer Projektionsanordnung als Beleuchtungs-Matrix

Das autostereoskopische Multi-User-Display entsprechend den Figuren 1 bis 9 basiert im Stereo-Modus auf Tracking mittels einer Sweet-Spot-Einheit. Die Stereoinformation wird den Betrachtern in aufeinanderfolgenden Frames, also zeitsequentiell, dargestellt. Diese Darstellung der Stereoinformation wird auch in der sogenannten Shuttertechnik bzw. unter Benutzung von Polarisationsbrillen verwendet und ist weit verbreitet. Durch Anwendung dieser Technik bei autostereoskopischen Multi-User-Displays bleibt die Auflösung erhalten und wird nicht, wie beim Multi-View-Verfahren, um einen Faktor, der der Anzahl der Ansichten entspricht, reduziert. Die Auflösung ist gleich der Auflösung der Bild-Matrix.

Fig. 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau des erfindungsgemässen autostereoskopischen Multi-User-Displays, das aus den Hauptkomponenten Sweet-Spot-Einheit und informationstragender Bild-Matrix besteht, im 3D-Modus für zwei Betrachter. Die Hauptkomponenten sind in Lichtrichtung nacheinander angeordnet. Die Sweet-Spot-Einheit und die Bild-Matrix sind im Gegensatz zu den bekannten flachen Multi-User-Displays funktionell und konstruktiv voneinander getrennt. Die Sweet-Spot-Einheit fokussiert das Licht in Sweet-Spots auf ein oder mehrere ausgewählte Betrachteraugen. Bei einer lateralen oder anderen Bewegung der Betrachter folgt der jeweilige Sweet-Spot durch Tracking den Augen, veranlasst durch Positionsfinder oder ähnliche Mittel. Die Fokussierung erfolgt nicht punkt- oder linienförmig, sondern entspricht der Sweet-Spot-Ausdehnung, die lateral den Augenabstand eines Betrachters erreichen und überschreiten kann. Dadurch kann ein Betrachter ohne Störungen stereoskopisch sehen, auch wenn er sich einige Zentimeter bewegt, ohne dass ein Tracking erforderlich wird. Die Anforderungen an das Tracking können somit drastisch reduziert und die Robustheit des Displays verbessert werden. Das noch informationslose Sweet-Spot-Bündel durchsetzt auf seinem Weg zum Betrachter die Bild-Matrix, die es mit einer Information moduliert. Hier in Fig. 1 enthält die Bild-Matrix in diesem Augenblick das Stereo-Bild für die rechten Augen zweier Betrachter. Das Auge kann sich innerhalb des Sweet-Spots bewegen, wobei die Bild-Matrix stets und ohne Einschränkungen sichtbar bleibt. Für die linken Augen sind die Sweet-Spots zum Zeitpunkt der Abbildung dunkel geschaltet. Sie werden im weiteren als Dark-Spots bezeichnet.

Auf analoge Art und Weise werden die linken Augen anschließend mit dem linken Stereobild versorgt. Die Sweet-Spots für die rechten Augen sind dann zu Dark-Spots abgeschaltet. Synchron mit dem Umschalten von Sweet-Spot auf Dark-Spot und umgekehrt wird die entsprechende Bildinformation zwischen linkem und rechtem Stereobild gewechselt. Erfolgt die Darbietung der Bildinformationen der Bild-Matrix für rechtes und linkes Auge mit der synchronisierten Fokussierung auf das rechte und linke Auge hinreichend schnell, können die Augen die ihnen dargebotenen Bildinformationen zeitlich nicht mehr auflösen. Rechtes und linkes Auge sehen ohne Übersprechen die Bildinformationen in stereo.

Die schematische Darstellung der Anordnung einer Beleuchtungs-Matrix sowie einer Abbildungs-Matrix zur Erzeugung eines Sweet-Spots für ein Betrachterauge ist in Fig. 2 zu sehen. Die Beleuchtungs-Matrix wird im Ausführungsbeispiel durch ein Backlight und einen Shutter realisiert. Dieser kann ein auf der Basis von Lichtventilen wirkendes Bauelement, vorzugsweise ein LCD oder ein FLCD, sein. Die Abbildungs-Matrix besteht im Beispiel aus einem Lentikular, dessen Brennebene etwa in der Shutterebene liegt. Im Shutter sind einzelne Elemente so aufgeschaltet, dass sie die Abbildungs-Matrix annähernd als Parallelstrahlenbündel in Richtung des Betrachters verlassen. Beim Passieren der Bild-Matrix werden die Strahlenbündel mit der Bildinformation der Bild-Matrix moduliert. Die in etwa parallelen Strahlenbündel müssen noch gebündelt werden, damit der Inhalt des gesamten Bildschirms von der dargestellten Betrachterposition aus eingesehen werden kann. Dies zeigt Fig. 3. Hier ist eine zusätzliche Feldlinse im Strahlengang zwischen Abbildungs-Matrix und Bild-Matrix vorgesehen. Beleuchtungs-Matrix, Abbildungs-Matrix und Feldlinse bilden die Sweet-Spot-Einheit, die die parallelen Bündel als Sweet-Spots auf das dargestellte Auge fokussiert.

Fig. 4 zeigt, dass anstelle einer kompakten Feldlinse eine Fresnel-Linse eingesetzt werden kann, die wesentlich raumsparender und preiswerter ist. Die einseitig angeordneten Strukturen der Fresnel-Linse zeigen in Richtung der Abbildungs-Matrix. Mit Orientierung der Fresnelstrukturen in Richtung Bild-Matrix entstünden vor allem an den linken oder rechten Rändern des Displays Brechungswinkel, die in die Nähe von Totalreflexion kämen oder diese sogar erreichen würden. Grundsätzlich ist aber auch der Einsatz einer beidseitig strukturierten Fresnel-Linse denkbar. Die Abbildungs-Matrix der Sweet-Spot-Einheit ist generell durch Lentikulare realisierbar. Ordnet man jedem Lentikular Öffnungen aus der davor liegenden Beleuchtungs-Matrix zu, so erhält man die Anzahl von Positionen, die im

Raum prinzipiell wahlfrei angesteuert werden können. Die Anzahl dieser Öffnungen im Shutter ist mindestens gleich der Anzahl der Abbildungselemente, wenn die Bild-Matrix vollständig eingesehen werden soll. Voraussetzung für eine homogene Ausleuchtung der Bild-Matrix ist, dass die Aberrationen der Abbildungs-Matrix dies zulassen. Für ein

5 Lentikular beispielsweise ist der Winkelbereich wegen der auftretenden Aberrationen relativ klein, etwa 0,1 rad. Anstelle von Einzel-Lentikularen kann man zur Unterdrückung der Aberrationen und/oder zur Vergrößerung des Betrachterwinkels auch Doppel-Lentikulare einsetzen. Die geringsten Aberrationen und somit die grössten Betrachterwinkel liefern Lentikulare, deren Scheitel in Lichtrichtung zeigen. Doppel-Lentikulare, deren Lentikel oder Einzel-Lentikulare diese Eigenschaft aufweisen, werden hier als Tandem-Lentikulare bezeichnet. Erfindungsgemäss kommt im Multi-User-Display als Abbildungs-Matrix ein derartiges Tandem-Lentikular zum Einsatz.

Fig. 5 zeigt, dass der Pitch der beiden das Tandem bildenden Lentikel etwa gleich groß ist.

Exakterweise müssten für eine korrekte Abbildung die Pitches der Einzel-Lentikulare perspektivisch verkürzt ausgebildet werden. Der Abstand beider Lentikulare zueinander und ihre Brennweiten sowie ihr Abstand vom Shutter sind bezüglich Abbildungsqualität und Betrachterwinkel optimiert. Vorteilhafterweise werden die Radien der Abbildungselemente für beide Lentikel gleich groß gewählt. Dadurch kann bei der Lentikularherstellung mittels Replikationstechnik das gleiche Werkzeug verwendet werden.

20 Am Beispiel von zwei Betrachtern ist in Fig. 6 die Zuordnung mehrerer Betrachter für eine Szene im 3D-Modus dargestellt. Das Display enthält das rechte Stereobild für die zwei Betrachter. Gleichzeitig mit der Informationsdarbietung werden Sweet-Spots für die rechten Augen beider Betrachter durch eine entsprechend programmierte Aufschaltung der Beleuchtungs-Matrix erzeugt. Im nächstfolgenden Augenblick nimmt die Bild-Matrix das linke Stereobild auf und die Sweet-Spots werden nun auf die linken Augen der Betrachter gerichtet. Eine Zuordnung von unterschiedlichen 3D-Bildinhalten und den entsprechenden Sweet-Spots auf die Augen verschiedener Betrachter erfolgt analog in aufeinanderfolgenden Frames. Zwei oder mehreren Betrachtern können auch unterschiedliche 2D-Bildinhalte dadurch angeboten werden, dass für jeden Betrachter für den zugehörigen 2D-Bildinhalt die Sweet-Spots für beide Augen aufgeschaltet werden.

30 Eine völlige Aufschaltung des autostereoskopischen Displays für drei Betrachter auf einen reinen 2D-Modus lässt sich entsprechend Fig. 7 dadurch erreichen, dass der gesamte Shutter transparent geschaltet wird. Ein größerer Bereich im Betrachtterraum wird so gleichmäßig hell ausgeleuchtet.

Soll einem Betrachter Information vorenthalten werden, genügt es, die entsprechenden Sweet-Spots zu Dark-Spots umzuschalten. In Fig. 8 ist dies für eine 2D-Information gezeigt. Der Betrachter 1 als z.B. ein Bankangestellter hat Einblick auf eine Information, während für Betrachter 2, vielleicht ein Kunde, der Bildschirm dunkel bleibt.

- 5 In Fig. 9 ist für einen Betrachter statt des aktiven Shutters ein Projektionssystem vorgesehen, das beispielsweise auf DLP-Basis ausgeführt sein kann. Das Projektionssystem dient nur als Beleuchtungs-Einheit und ersetzt Backlight und Shutter aus den vorangegangenen Figuren. Über die Abbildungs-Matrix und die Fresnel-Linse werden wieder die Sweet-Spots projiziert, wobei das Licht durch die Bild-Matrix mit der Bild-Information moduliert wird.
- 10 Die projizierten Bildinhalte werden wie zuvor schon beschrieben in den Betrachterraum abgebildet. Es ist auch möglich, eine Streuscheibe oder/und eine Linse der Abbildungs-Matrix vorzuordnen, die das Licht auf die Abbildungs-Matrix lenkt.

- Durch den Einsatz der in ihrer Anordnung und Ausbildung anhand der dargelegten Ausführungsbeispiele beschriebenen Sweet-Spot-Einheit in Verbindung mit der Bild-Matrix wird ein autostereoskopisches Multi-User-Display geschaffen, das eine sehr gute Abbildungsqualität liefert und damit ein breites Anwendungsspektrum sichert.
- Das beschriebene Display zeichnet sich insgesamt durch eine Verwendbarkeit im 2D- und 3D-Modus, Multi-User-Fähigkeit, freie Betrachterbeweglichkeit, Echtzeitfähigkeit, hohe Auflösung, große Helligkeit und geringe Bautiefe aus. Es ist robust und benötigt keine mechanisch beweglichen Teile und gestattet es, die insgesamt extrem hohen Genauigkeitsforderungen des Standes der Technik zu verringern. Wegen seiner hohen Qualitätsmerkmale bezüglich der Darstellung ist es für den High-End-Einsatz in den Bereichen Medizin, Technik, Forschung und Entwicklung, für den Mid-Range-Bereich in Video-Konferenz-Systemen und in der Werbung und im Low-end-Bereich als Home-Display, für Handheld-Computer und für Videophones sowie für viele andere Anwendungen geeignet.
- 20 25

Von der Erfindung erfasst werden selbstverständlich auch Anwendungsmöglichkeiten, die hier nicht aufgeführt sind, aber denen das erfindungsgemäße Prinzip zugrunde liegt.

Patentansprüche

1. Autostereoskopisches Multi-User-Display, bestehend aus einer Sweet-Spot-Einheit zur Fokussierung einer ausgedehnten, vorzugsweise weissen, möglichst homogenen
5 Lichtverteilung auf die Augen von Betrachtern und einer transmissiven, in Farbe und Intensität wahlfrei ansteuerbaren Bild-Matrix zur zeitsequentiellen Darstellung von Bildern oder Bildfolgen mit monoskopischen oder stereoskopischen Bildinhalten, dadurch gekennzeichnet, dass die Sweet-Spot-Einheit aus einer Beleuchtungs- und einer Abbildungs-Matrix sowie einer Feldlinse besteht, die vorzugsweise nacheinander in Lichtrichtung vor
10 der Bild-Matrix, die vom Licht der Sweet-Spot-Einheit grossflächig durchsetzt ist, angeordnet sind.
2. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Feldlinse als Fresnel-Linse ausgeführt ist.
- 15 3. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Feldlinse als Holografisches Optisches Element (HOE) ausgeführt ist.
4. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
20 eine Seite der Fresnel-Linse strukturiert und die andere plan ausgebildet und die plane Seite der Bild-Matrix zugewandt ist.
5. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Fresnel-Linse beidseitig strukturiert ist.
- 25 6. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass als Abbildungs-Matrix ein Doppel-Lentikular vorgesehen ist, dessen Abbildungselemente der Einzel-Lentikulare in ihren Abmessungen annähernd gleich sind.
- 30 7. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungs-Matrix vorzugsweise als ein Tandem-Lentikular ausgebildet ist und die Scheitel der vertikal angeordneten Abbildungselemente beider Einzel-Lentikulare in Lichtrichtung weisen.

8. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abbildungs-Matrix ganz oder teilweise aus Material besteht, das in seinen optischen Eigenschaften steuerbar ist

5 9. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungs-Matrix annähernd in der Brennebene der Abbildungselemente der Abbildungs-Matrix liegt.

10 10. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungs-Matrix ein aktiv leuchtendes Bauelement mit wahlfrei in Ort und Intensität ansteuerbaren linien- oder matrixförmig angeordneten Strukturen ist.

15 11. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungs-Matrix aus einer Projektionseinheit mit einer vorzugsweise in Lichtrichtung vor der Abbildungs-Matrix angeordneten Fresnel-Linse oder/und streuenden Schicht besteht.

20 12. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Beleuchtungs-Matrix vorzugsweise aus einem Backlight und einem elektronischen Shutter mit wahlfrei in Ort und Transmission ansteuerbaren Öffnungen besteht.

25 13. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das informationstragende Display und der Shutter in der Geometrie der Pixel und Subpixel identisch sind.

14. Autostereoskopisches Multi-User-Display nach den Ansprüchen 6, 7 und 12, dadurch gekennzeichnet, dass für eine homogene Ausleuchtung der Bild-Matrix je Abbildungselement der Abbildungs-Matrix mindestens eine Öffnung im Shutter vorgesehen ist.

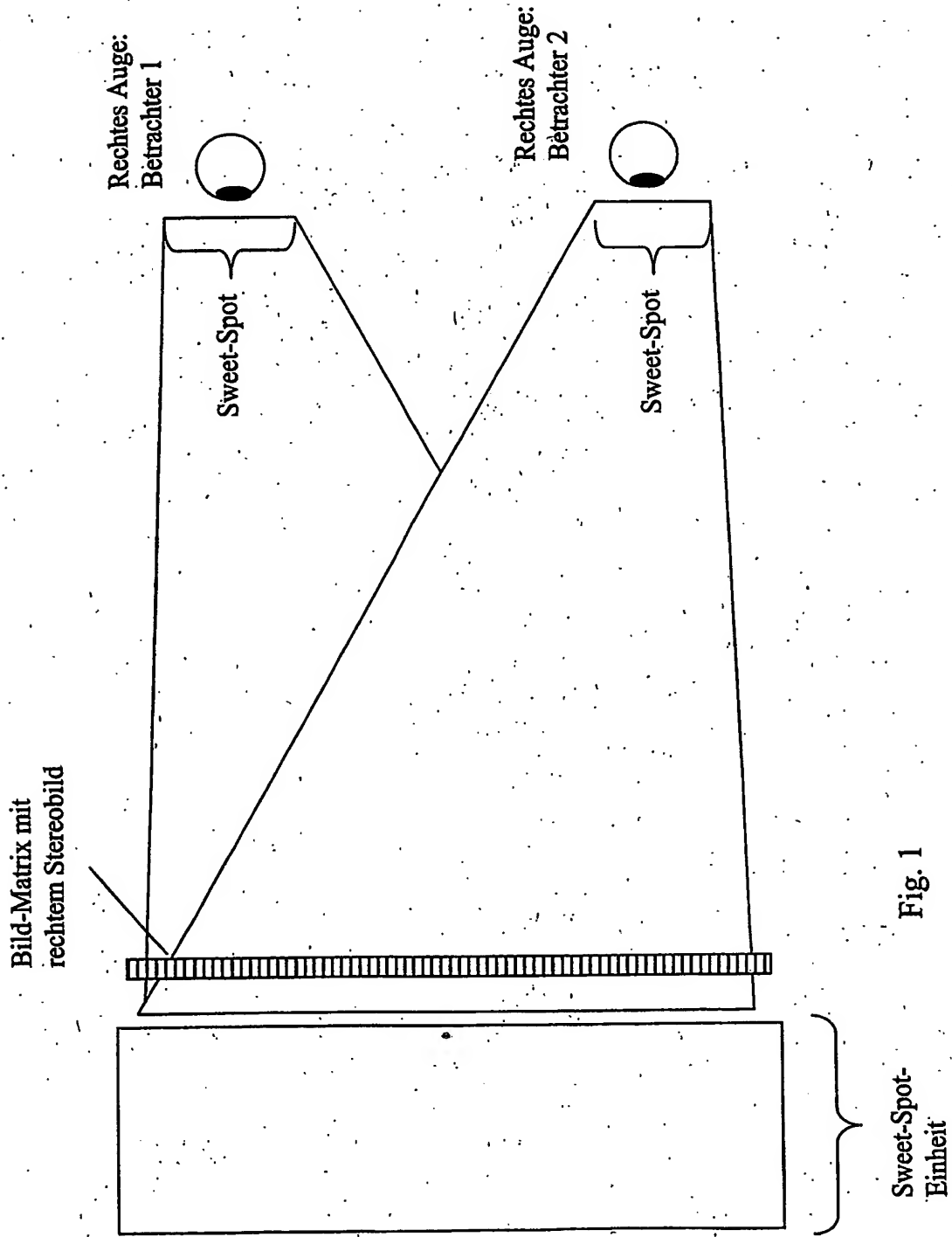


Fig. 1

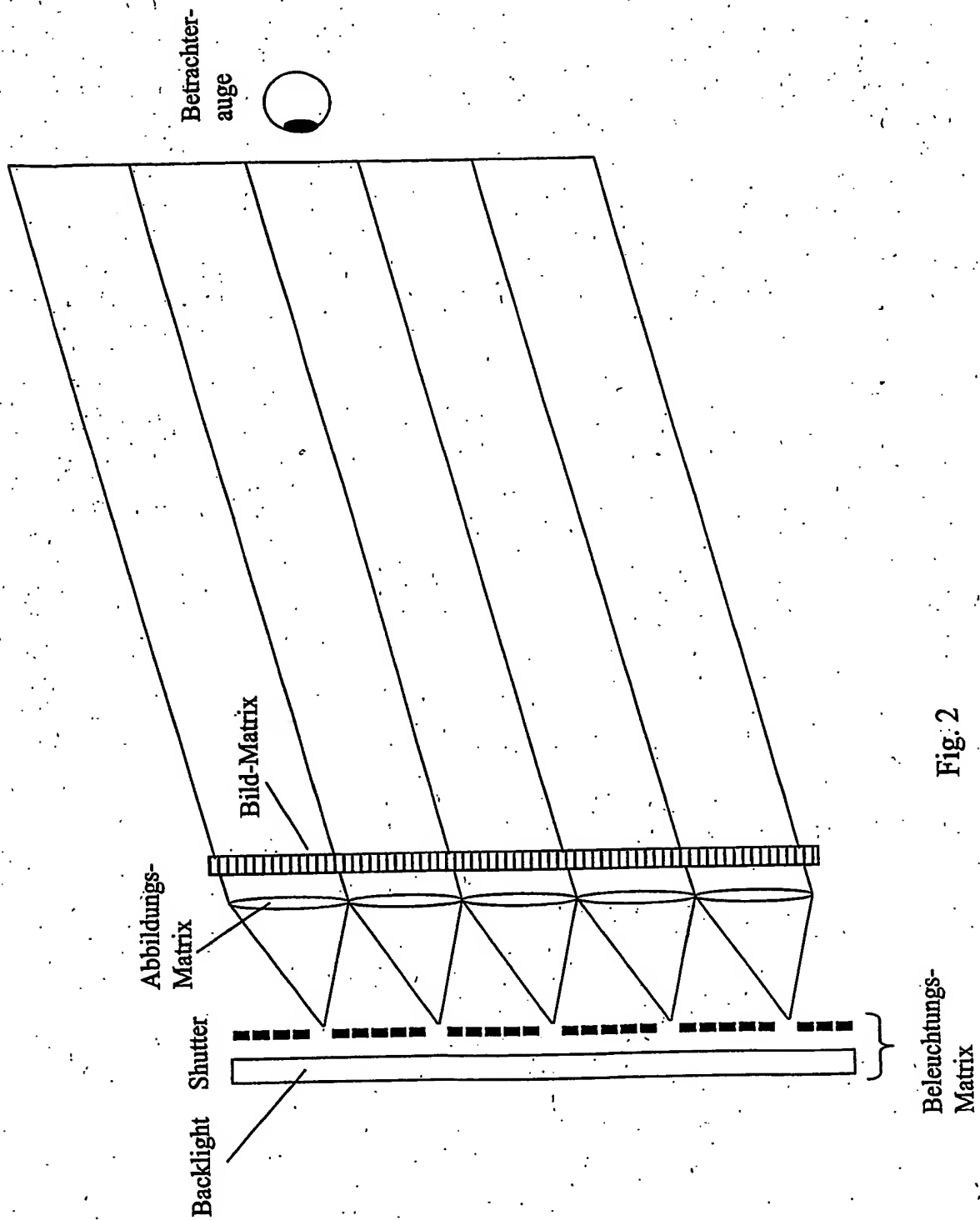


Fig. 2

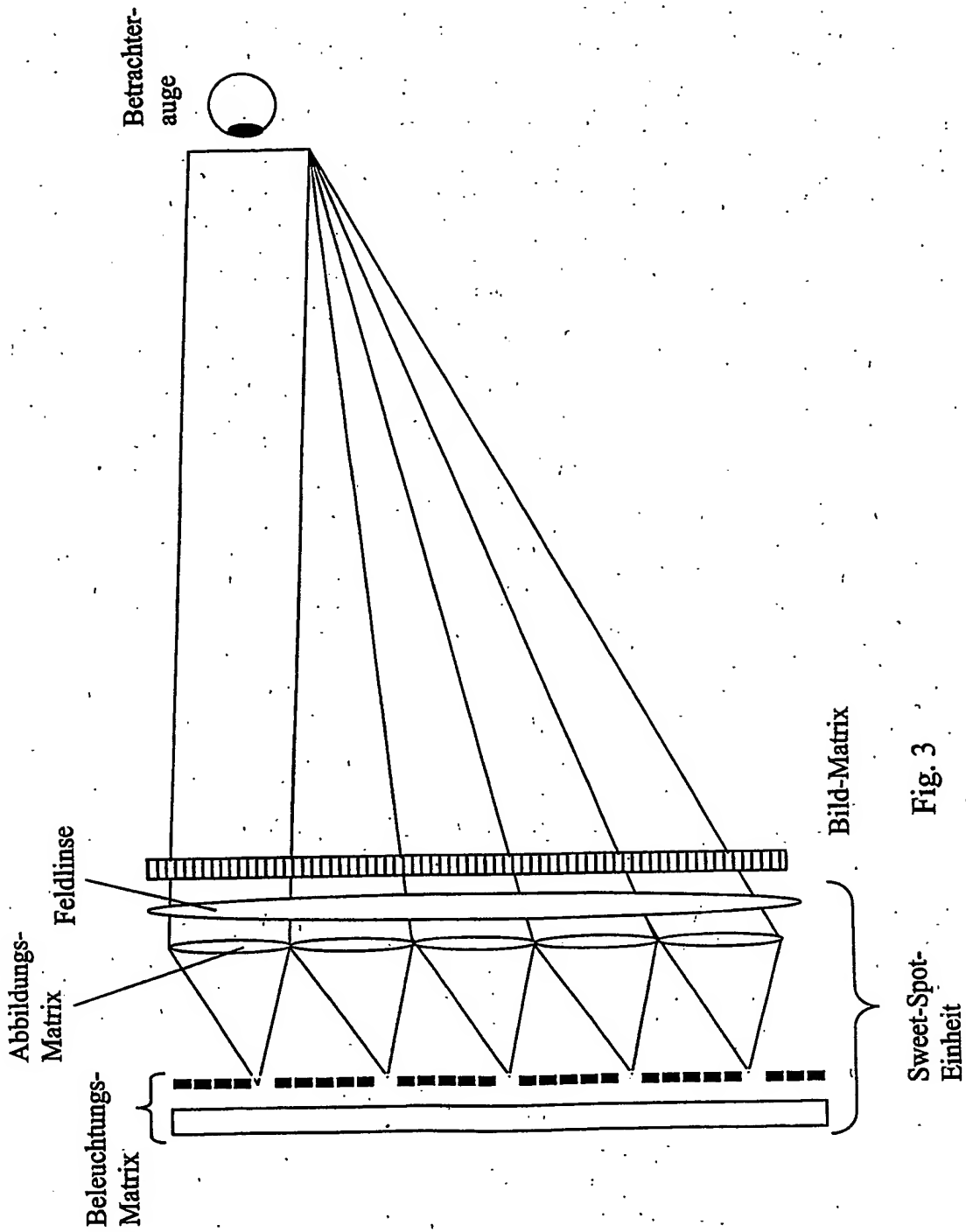


Fig. 3

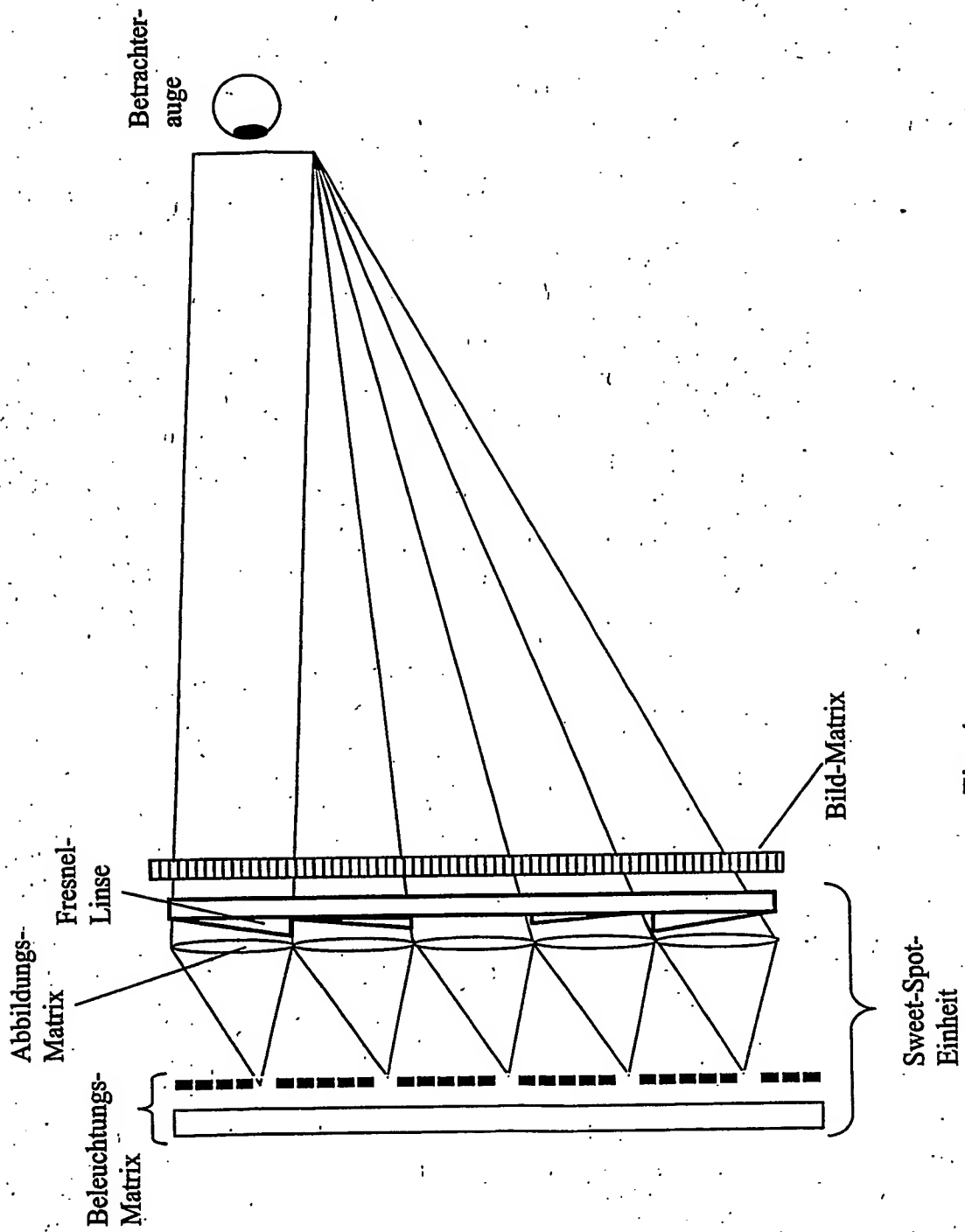


Fig. 4

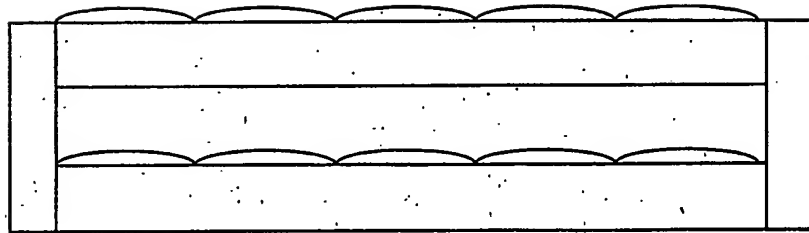


Fig. 5

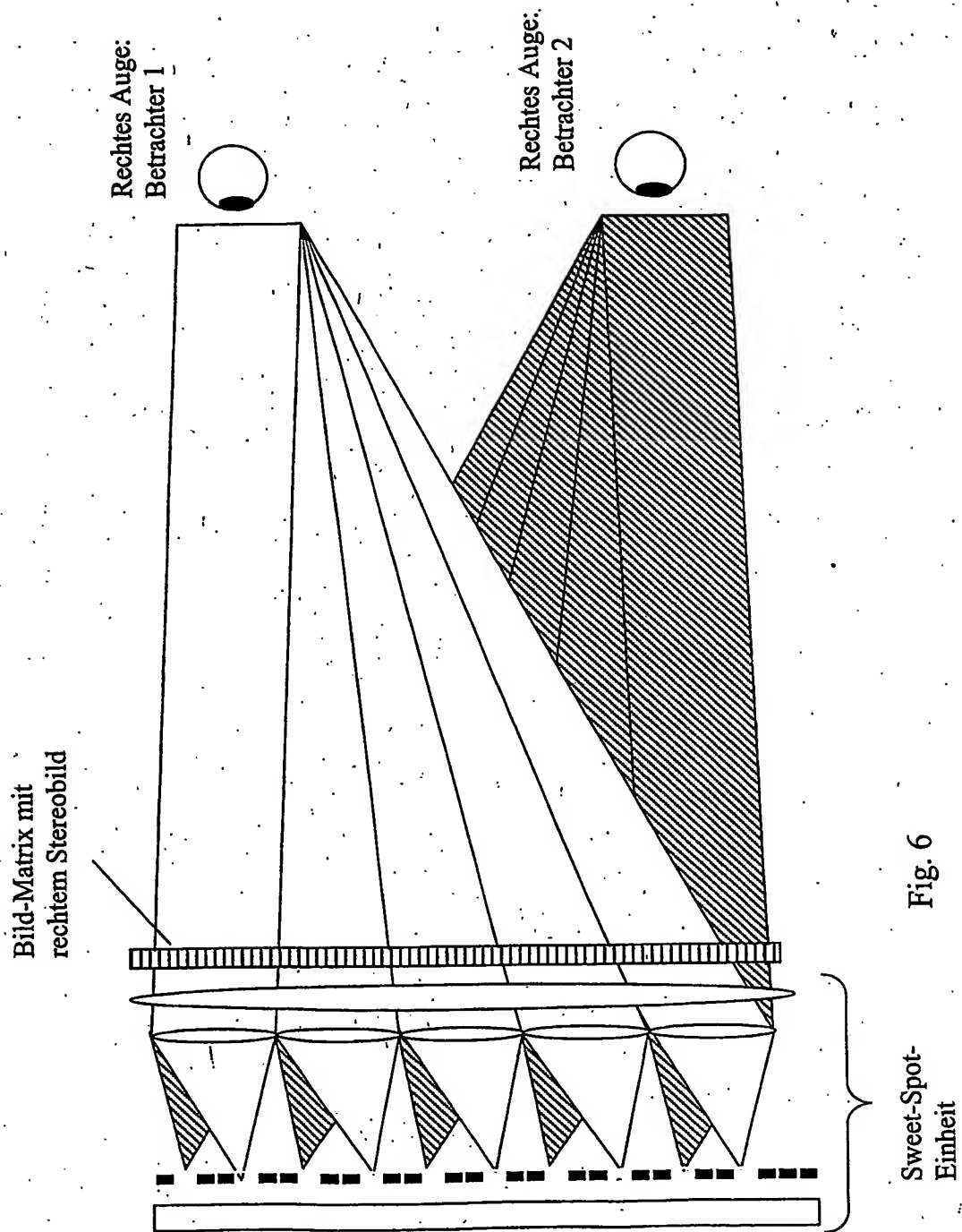


Fig. 6

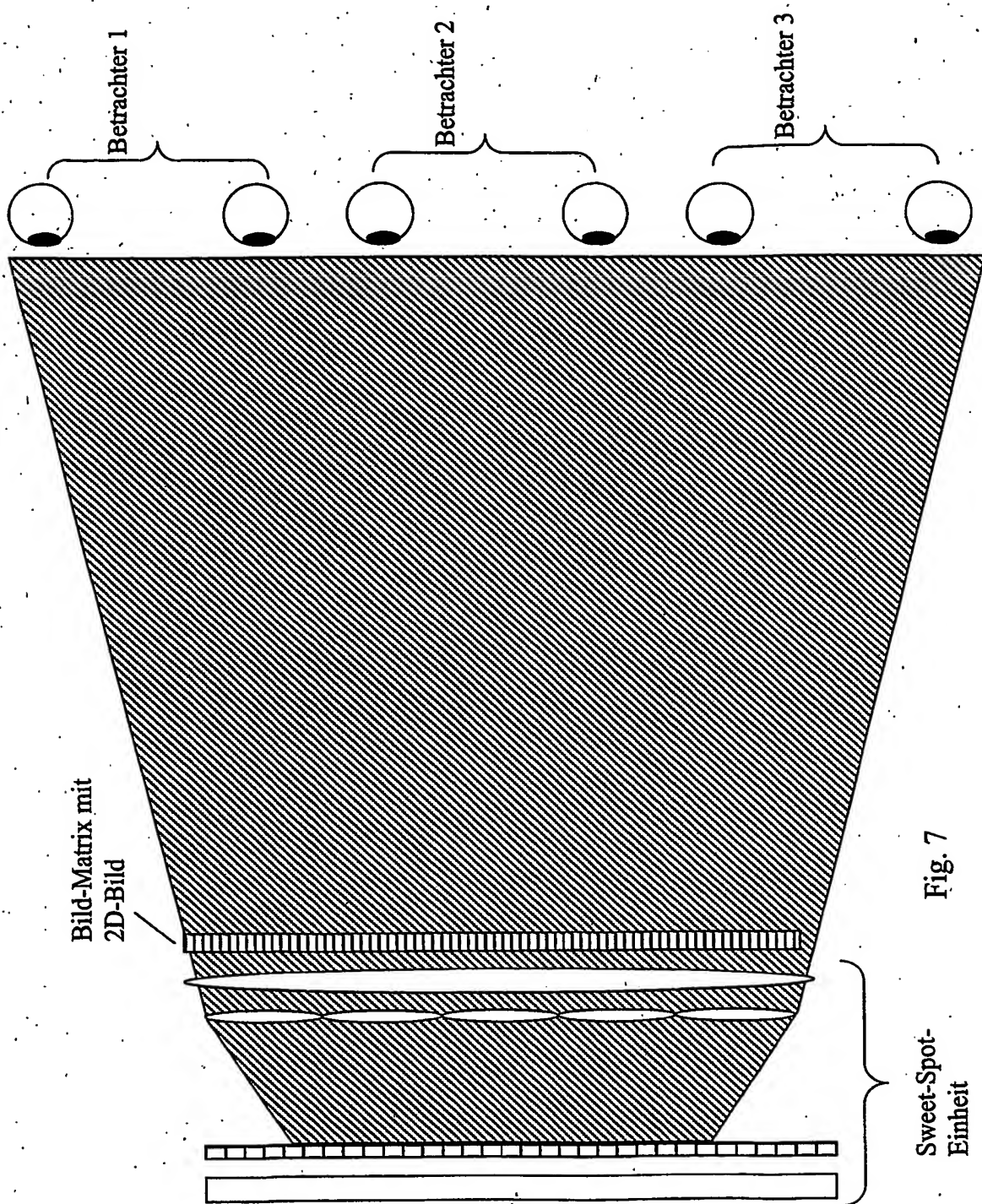


Fig. 7

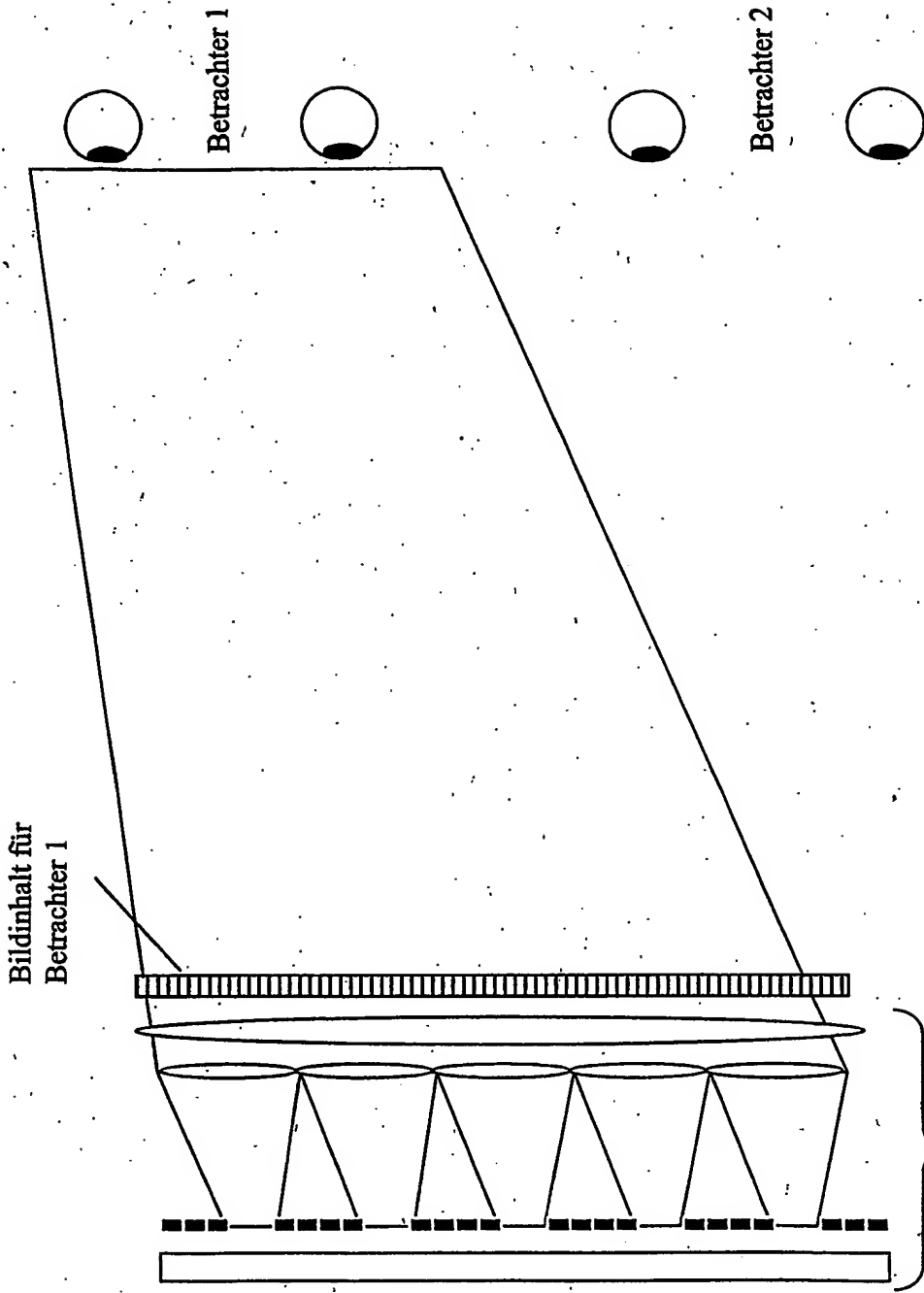


Fig. 8

Sweet-Spot-
Einheit

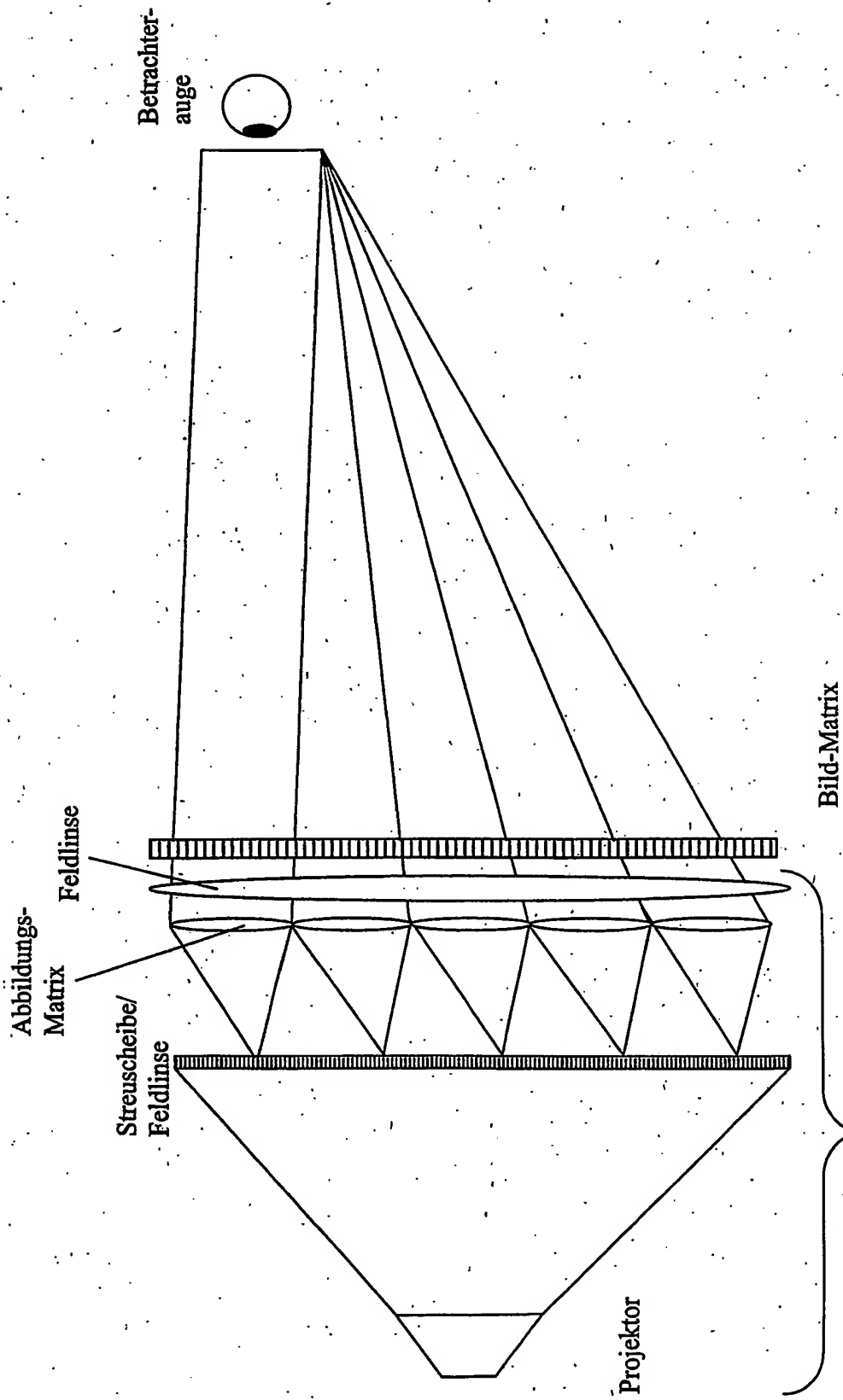


Fig. 9

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/DE04/002805

International filing date: 17 December 2004 (17.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 103 59 403.5
Filing date: 18 December 2003 (18.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 28 February 2005 (28.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.